

NOTITIE

Onderwerp	Interpretatie geotechnisch onderzoek (deel 2) en impact op WBI-beoordeling	
Project	Planuitwerking dijkversterking Den Oever - Den Helder	
Opdrachtgever	Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	
Projectcode	128893	
Status	Definitief	
Datum	8 september 2023	
Referentie	128893/23-014.473	
Auteur(s)	Ir. N. Huijsman	
Gecontroleerd door	Ing. B. Seesing	
Goedgekeurd door	Drs.ing. P.T.W. Mulder	
Paraaf		
Bijlage(n)	I Glijvlak originele stabiliteitsanalyse WBI-beoordeling 13007.2 II Sondering DKMP 246 + Sondering DKMP 216, inclusief interpretatie (DP 12.05) III Glijvlak nieuwe stabiliteitsanalyse DP 12.05 IV Sondering DKMP 253 + Sondering DKMP 230, inclusief interpretatie (DP 12.40) V Glijvlak nieuwe stabiliteitsanalyse DP 12.40	
Aan	Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	J. Kottier, N. Tenhage, M. van der Horst
Kopie	Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier Witteveen+Bos	IPM-team IPM-team

1 INLEIDING

Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK) is de beheerder van de Waddenzeedijk tussen Den Oever en Den Helder (DODH). Het tracé van de veiligheidsopgave in sectie 1 van het DO loopt van DP 8.75 tot DP 11.80. De rekennota macrostabiliteit (STBI) maakt tot nu toe onderdeel uit van de rekenkundige beoordeling van het definitieve ontwerp (DO) [ref. 1]. Dit betreft een onderliggend document van het DO. In de rekennota is een verankerde damwand als langsconstructie in de dijk uitgewerkt voor een zestal subsecties (1A t/m 1F). In de rekennota is tevens geconcludeerd dat zowel het aantal onderzoekspunten als diepte van het onderzoek onvoldoende is voor een typisch DO. Daarom zijn er destijds aanvullende sonderingen uitgevoerd door Fugro [ref. 2]. De voornaamste doelen van dat aanvullende grondonderzoek (deel 1) zijn het aantonen van de technische haalbaarheid van het DO en inzicht te krijgen in de kosten voor de budgetaanvraag en de planning. De uitkomsten van het aanvullende geotechnische onderzoek (deel 1) zijn geïnterpreteerd in de notitie Interpretatie aanvullend grondonderzoek en impact op DO [ref. 3]. Met dit onderzoek is vervolgens het opgestelde ontwerp uit OL2 geverifieerd.

Na uitvoering van het aanvullende geotechnische onderzoek (deel 1) is er echter nog onzekerheid of aan het einde van de scope (bij DP 11.80) het diepste punt van de geul bereikt is en ook wat de eigenschappen van de klei in de geul zijn ten oosten van DP 11.80. Deze onzekerheid komt voort uit het feit dat tijdens de WBI beoordeling in dit deel de ondergrond als zandig is geïnterpreteerd terwijl beschikbare sonderingen en aanvullend grondonderzoek laten zien dat het kleiig is en dat er ergens een overgang van kleiig naar zandig materiaal is. Omdat het kleiige materiaal in de geul een relatief lage weerstand biedt tegen een potentiële afschuiving is het van belang om te weten tot waar zich in de geul kleiig materiaal bevindt. Dit is onderzocht en aangekaart door HHNK in de adviesmemo 'STBI ter plaatse van overgang geul en grens scope Balgzanddijk' [ref. 4]. Er is onderzocht wat de implicaties van een geul met kleiige eigenschappen op de uitkomsten van de WBI-beoordeling zijn. In de WBI-beoordeling is namelijk rekening gehouden met zandig materiaal in de geul. Om deze reden moet nieuw geotechnisch onderzoek de aanwezigheid en samenstelling van de geul ten oosten van de scopegrens (DP11.80) verifiëren. Dat kan impact hebben op benodigde omvang van de langsconstructie binnen DODH.

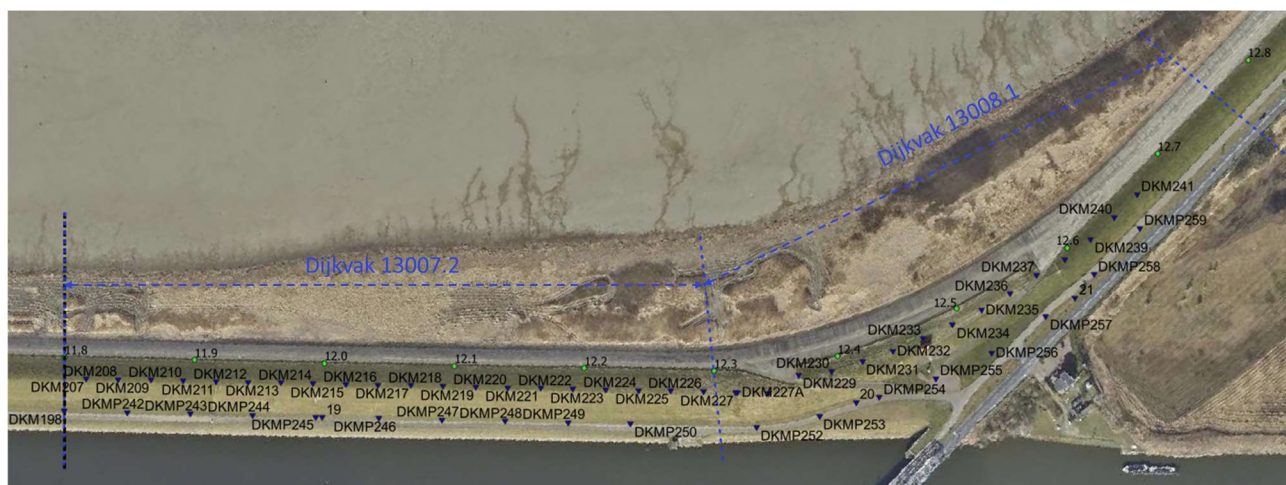
Om deze reden is er aanvullend geotechnisch onderzoek (deel 2) uitgevoerd ten oosten van de huidige scopegrens, in de vorm van sonderingen met waterspanningsmeting (alleen in de binnenteen). Deze notitie neemt de uitkomsten van dit onderzoek mee in een stabiliteitsanalyse om de invloed van de grondopbouw te onderzoeken. Met deze uitkomsten kunnen stabiele scope grenzen worden vastgesteld.

In hoofdstuk 2 worden de resultaten van het grondonderzoek van Fugro (deel 2) toegelicht. Hoofdstuk 3 bevat toelichting op de verschillende uitgevoerde stabiliteitsanalyses. Enkele gevoeligheidsanalyses om de invloed van de grondopbouw te beschouwen zijn gegeven in hoofdstuk 4. De notitie sluit af met conclusies in hoofdstuk 5.

2 RESULTATEN AANVULLEND GRONDONDERZOEK (DEEL 2)

Het rapport 'Aanvullend geotechnisch onderzoek STBI Balgzanddijk', uitgevoerd door Fugro [ref. 2], bevat alle uitgevoerde sonderingen. Er wordt onderscheid gemaakt in sonderingen die zijn geplaatst ter hoogte van de kruin van de dijk en de binnenteen van de dijk. De nieuw geplaatste sonderingen bevinden zich tussen dijkpaalnummers DP 11.80 en DP 12.70. Afbeelding 2.1 geeft een bovenaanzicht weer van de locaties van deze sonderingen.

Afbeelding 2.1 Overzicht van nieuw uitgevoerd grondonderzoek tussen DP 11.80 en DP 12.70. De nieuwe sonderingen zijn aangegeven met de donkerblauwe driehoeken. De dijkpalen zijn de lichtgroene bolletjes. De dijkvakken volgens de WBI beoordeling zijn aangegeven met de blauwe stippellijnen. De zwarte stippellijn bij DP 11.80 geeft de grens van de originele scope voor STBI aan (alles ten westen van deze lijn was geen scope)

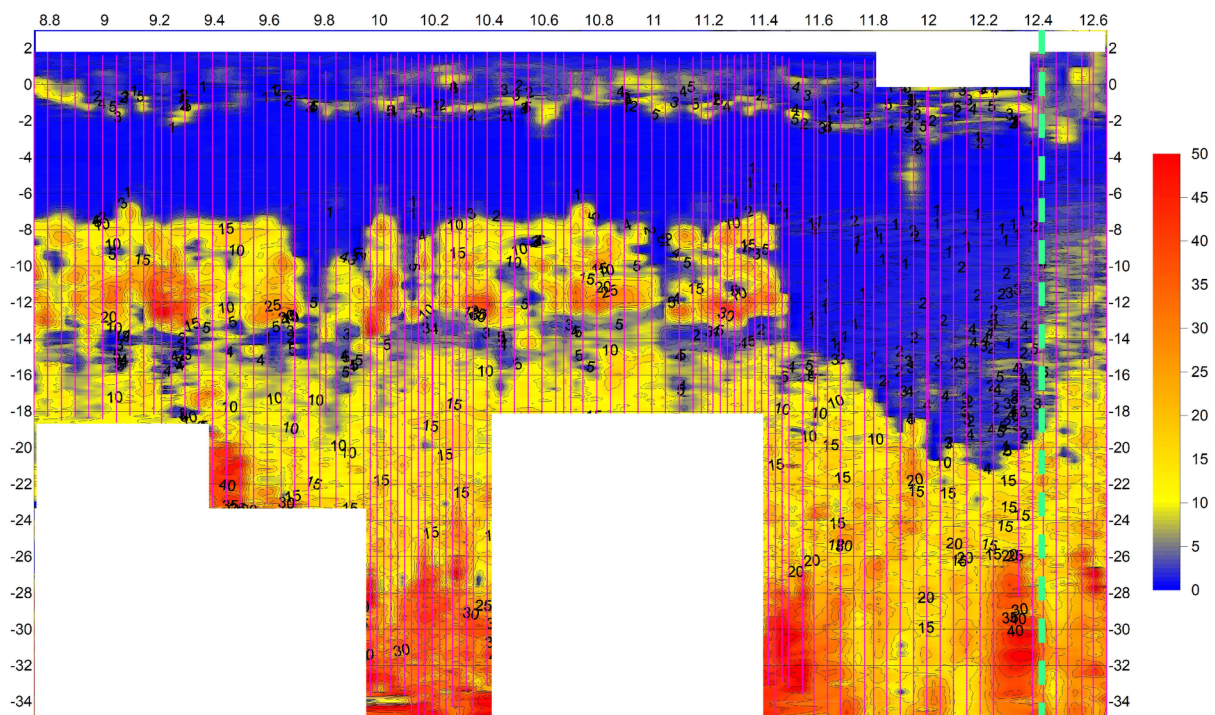


2.1 Interpretatie van de sonderingen

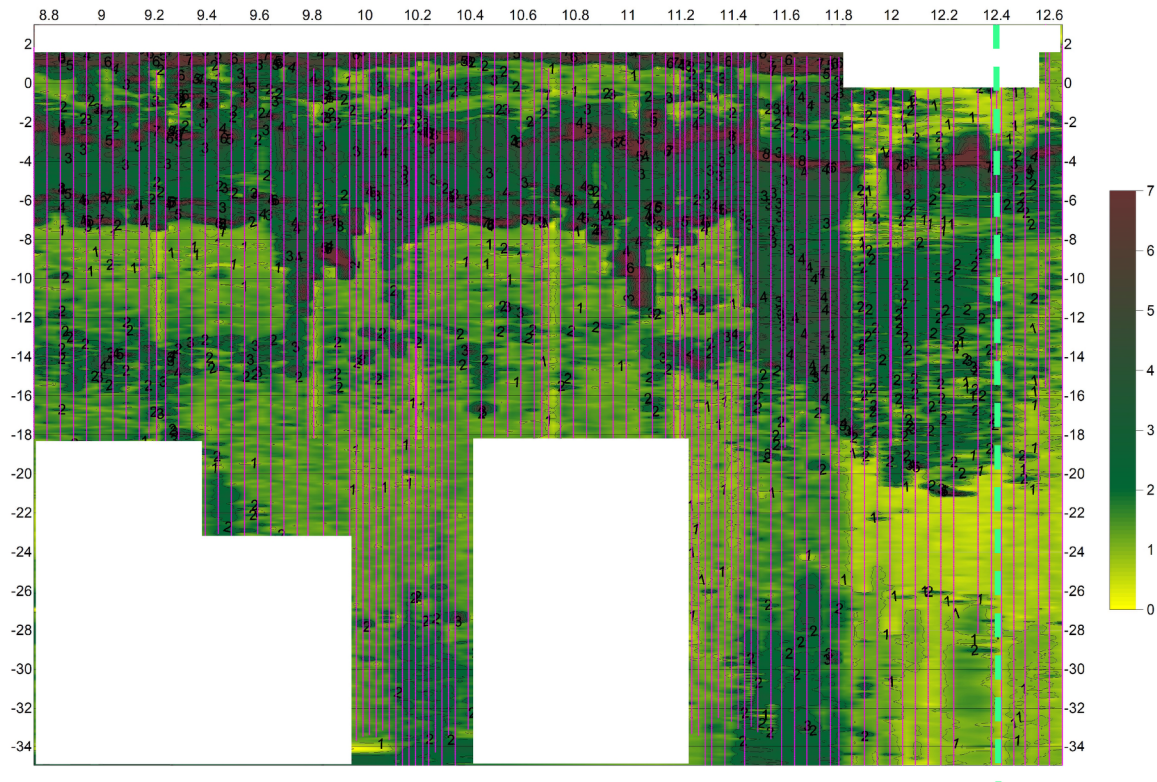
Van de sonderingen zijn voornamelijk de conusweerstand, het wrijvingsgetal en de waterspanning gebruikt ter interpretatie. Voor de interpretatie van de sonderingen zijn twee verschillende geïnterpoleerde plots gemaakt. De eerste van deze twee plots geeft de conusweerstand weer over het dijkvak. De ander geeft de wrijvingsweerstand weer. Afbeelding 2.2 en afbeelding 2.3 laten respectievelijk de conusweerstand en het wrijvingsgetal voor de binnentoe van het traject zien. Afbeelding 2.4 en afbeelding 2.5 laten respectievelijk de conusweerstand en het wrijvingsgetal voor de kruin van het traject zien.

Vanuit Afbeelding 2.2 en afbeelding 2.3 is te concluderen dat er een geul van cohesief materiaal te vinden is tussen DP 11.40 en DP 12.40. Afbeelding 2.2 laat een duidelijke blauwe uitstulping naar beneden zien wat duidt op lage conusweerstand. Dit wordt bevestigd door de hoge wrijvingsgetallen op dezelfde locatie die afbeelding 2.3 laat zien. De maximale diepte van dit geulmateriaal bevindt zich rond DP 12.20 en bedraagt NAP -21 m. Vanaf DP 12.40 en verder richting DP 12.60 zijn hogere conusweerstand en lagere wrijvingsgetallen te zien. Dit duidt meer zandig materiaal. Dit beeld wordt bevestigd door afbeelding 2.4 en afbeelding 2.5. de linkerzijde (DP 11.80) toont lage conusweerstandwaarden en hoge wrijvingsgetallen wat duidt op cohesief materiaal. Naarmate er meer richting DP 12.70 verplaatst wordt, worden de waarden van de conusweerstand hoger en het wrijvingsgetal lager. Ook hieruit kan de conclusie getrokken worden dat het cohesieve geulmateriaal vanaf DP 12.40 steeds minder aanwezig is richting DP 12.70. de overgangsgrens van volledig cohesief materiaal naar meer zandig materiaal is aangegeven met de lichtgroene stippellijn in Afbeelding 2.2 t/m Afbeelding 2.5

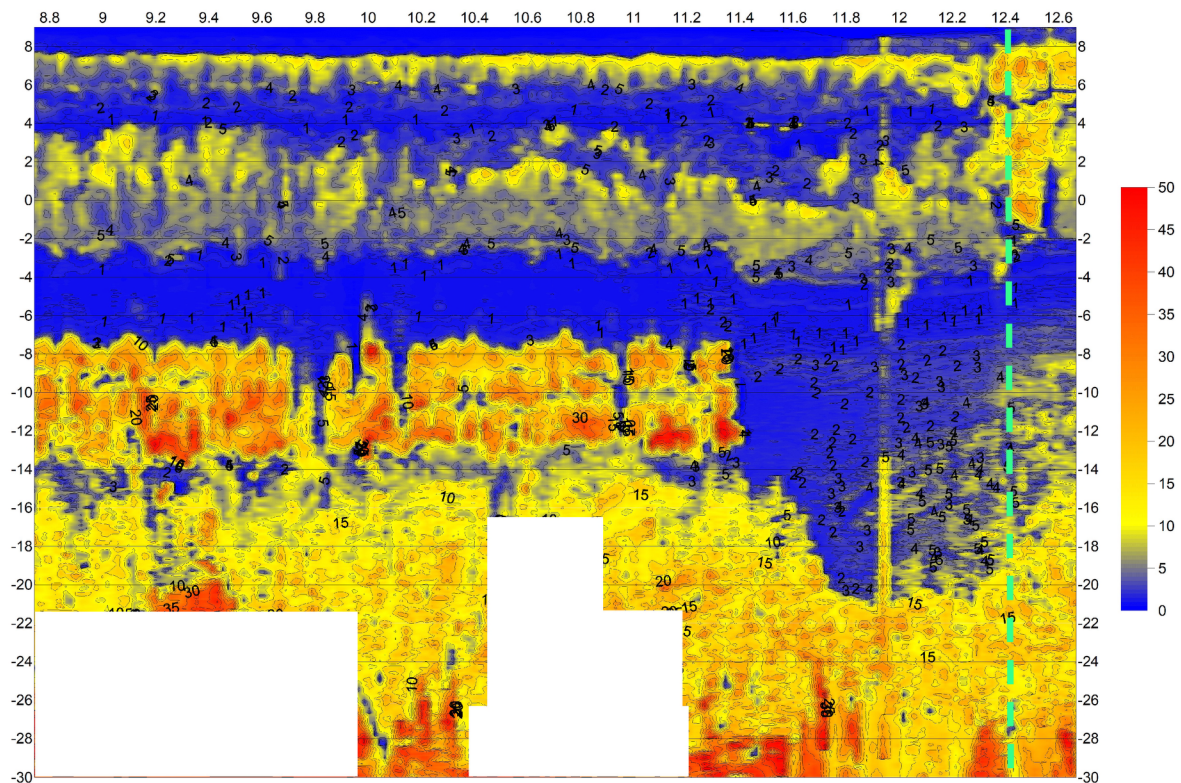
Afbeelding 2.2 Geïnterpoleerde conusweerstand over de binnentoe van het dijktraject. De waarden zijn in MPa. De horizontale as laat de dijkpaalnummers zijn. De verticale as de diepte in m NAP. De lichtgroene stippellijn geeft de overgangsgrens van het kleiige geulmateriaal naar meer zandig materiaal weer



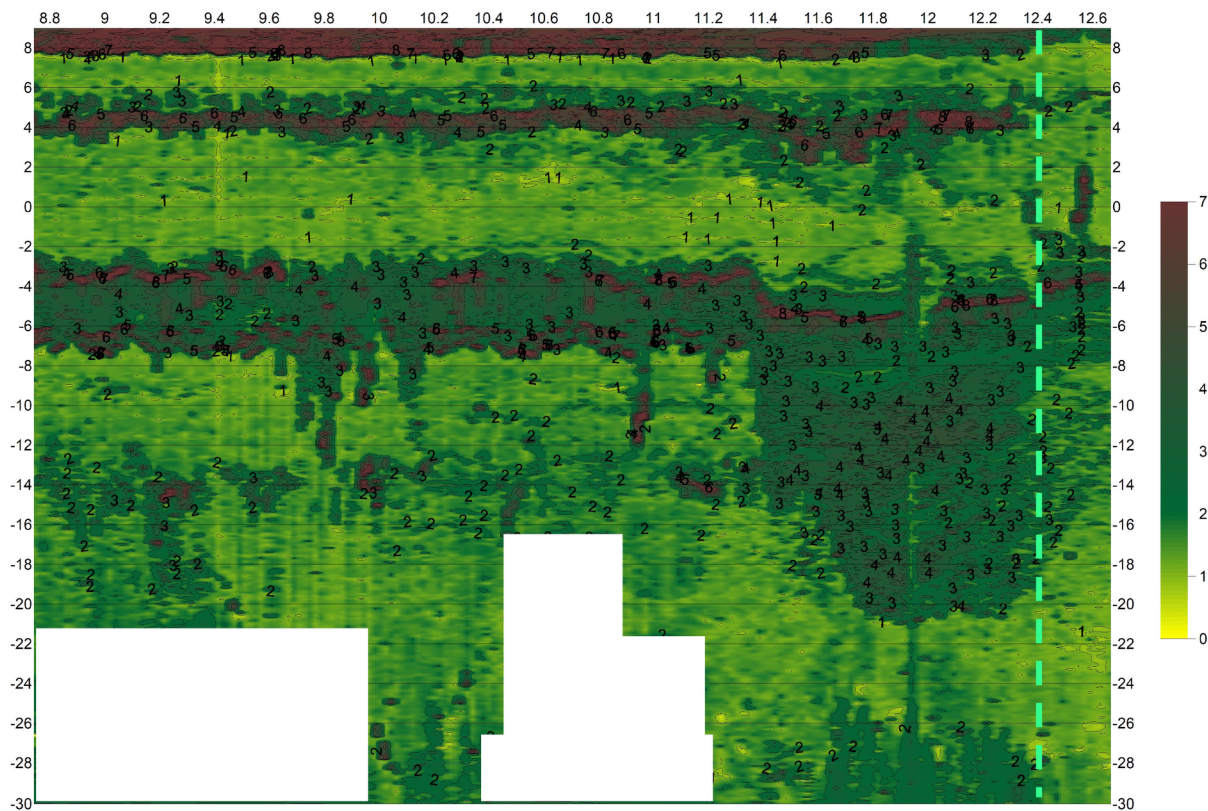
Afbeelding 2.3 Geïnterpoleerd wrijvingsgetal over de binnenteen van het dijktraject. De waarden zijn in %. De horizontale as laat de dijkpaalnummers zijn. De verticale as de diepte in m NAP. De lichtgroene stippellijn geeft de overgangsgrens van het kleiige geulmateriaal naar meer zandig materiaal weer



Afbeelding 2.4 Geïnterpoleerde conusweerstand over de kruin van het dijktraject. De waarden zijn in MPa. De horizontale as laat de dijkpaalnummers zijn. De verticale as de diepte in m NAP. De lichtgroene stippellijn geeft de overgangsgrens van het kleiige geulmateriaal naar meer zandig materiaal weer



Afbeelding 2.5 Geïnterpoleerd wrijvingsgetal over de kruin van het dijktraject. De waarden zijn in %. De horizontale as laat de dijkpaalnummers zijn. De verticale as de diepte in m NAP. De lichtgroene stippellijn geeft de overgangsgrens van het kleiige geulmateriaal naar meer zandig materiaal weer

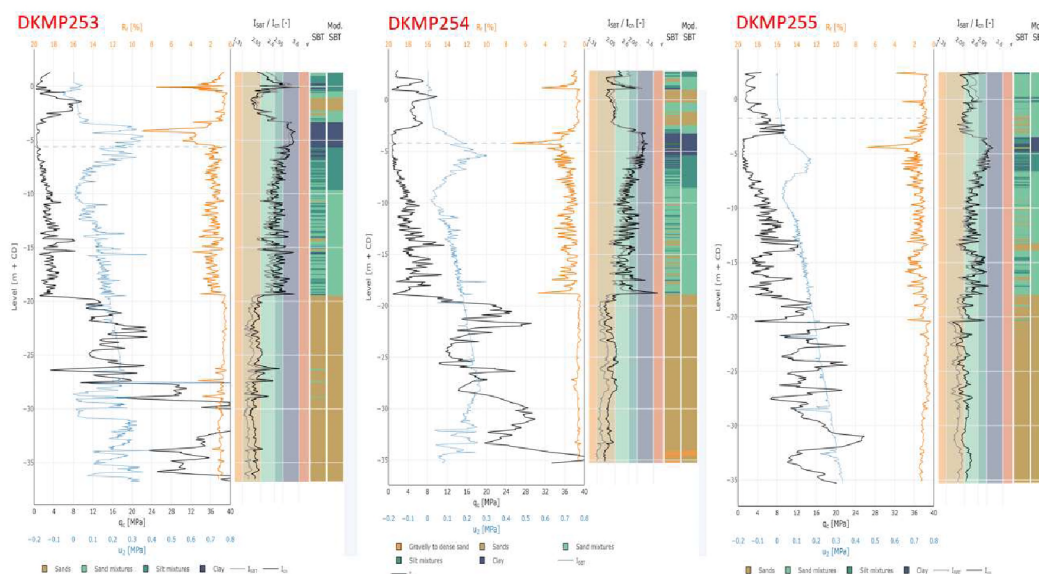


2.2 Invloed van opbouw ondergrond

Zoals besproken in hoofdstuk 2 is de aanwezigheid van de geul met cohesief materiaal tussen DP 11.40 en DP 12.40 een complexe factor in het schematiseren van de ondergrond. Vanuit de afbeeldingen die gepresenteerd zijn in hoofdstuk 2 komt duidelijk naar voren dat dit cohesieve geulmateriaal steeds minder aanwezig lijkt te zijn des te meer er bewogen wordt naar DP 12.40. Voor de ondergrond schematisering rondom DP 12.40 is gekozen om wel cohesief materiaal mee te nemen. Deze keuze kan onderbouwd worden door middel van afbeelding 2.6.

De linker sondering, DKMP 253, toont de gekozen sondering voor de schematisering van de ondergrond. In deze sondering is een duidelijke opbouw van waterspanning te zien vanaf een diepte van NAP -8,0 m (weergegeven met de blauwe lijn in afbeelding 2.6). Dit duidt op dominant cohesief gedrag. Op basis hiervan is het zeer aannemelijk dat het geul materiaal zich in de ondergrond bevindt. Wanneer sondering DKMP 253 wordt vergeleken met sonderingen DKMP 254 en DKMP 255 valt op dat des te verder oostwaarts (hoger in sondering nummer) des te minder de wateroverspanningen zichtbaar zijn. In sondering DKMP 255 zijn deze helemaal afwezig. Hieruit kan geconcludeerd worden dat sondering DKMP 254 en zeker sondering DKMP 255 dominant gedraineerd gedrag vertonen. De overgangsgrens waarbij het geul materiaal niet meer aanwezig is en in plaats daarvan zandig materiaal aanwezig is bevindt zich dus duidelijk bij DP 12.40.

Abbeelding 2.6 Vergelijking binnenteen sonderingen rondom DP 12.40 [ref. 2]



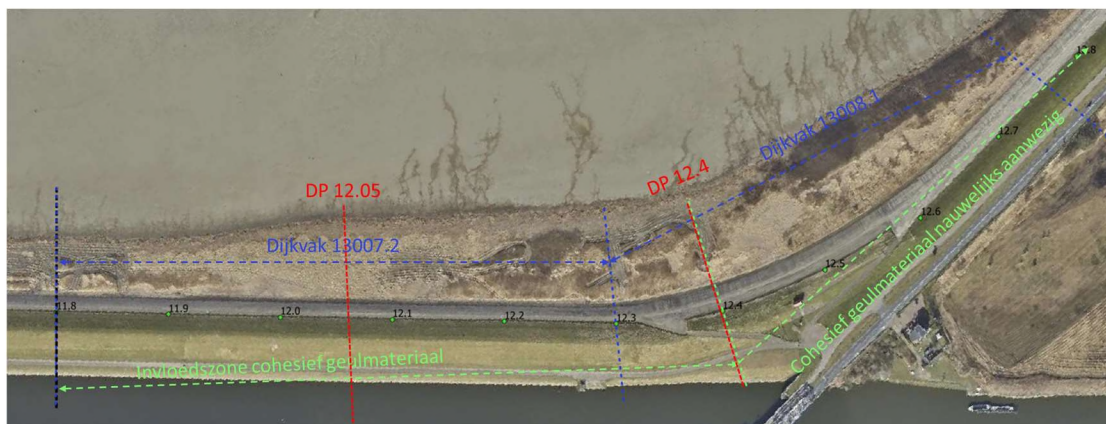
2.3 Toelichting stabiliteitsanalyses

Vanuit bovenstaande bevindingen is ervoor gekozen om een stabiliteitsanalyse uit te voeren op twee locaties, namelijk:

- rondom DP 12.05;
- rondom DP 12.40.

De eerste locatie is rondom DP 12.05. Deze locatie is gekozen omdat het geulmateriaal hier kleiig is en het diepst reikt en de verwachting is dat de ondergrond hier het meest ongunstig is t.a.v. macrostabiliteit. De tweede locatie rondom DP 12.40 is gekozen omdat hier het geulmateriaal flink wordt afgewisseld met zandig materiaal. Deze locatie kan daarom als een grens beschouwd worden tot waar het cohesieve geulmateriaal nog veel invloed heeft op de stabiliteit van het dijklichaam. Wanneer deze locatie voldoet aan de stabiliteitseis kan worden gesteld dat alles ten oosten van DP 12.40 ook voldoet. Beide locaties en de aanwezigheid van het cohesieve geulmateriaal zijn aangegeven in Abbeelding 2.7.

Abbeelding 2.7 Bovenaanzicht van het gebied waarin de stabiliteitsanalyses worden uitgevoerd. De locaties van de dwarsprofielen DP 12.05 en DP 12.40 zijn met een rode stippellijn aangegeven. De groene stippellijn bij DP 12.40 geeft de overgangsgrens van de eigenschappen van het geulmateriaal weer. Alles ten westen van deze lijn bevat cohesieve eigenschappen en alles ten oosten van deze lijn meer zandige eigenschappen. De dijkvakken volgens de WBI beoordeling zijn aangegeven met de blauwe stippellijnen. De zwarte stippellijn bij DP 11.80 geeft de grens van de originele scope voor STBI aan (alles ten westen van deze lijn was geen scope)



3 IMPACT OP WBI-BEOORDELING MACROSTABILITEIT

Naast de nieuwe stabiliteitsanalyses rondom DP 12.05 en DP 12.40 wordt in dit hoofdstuk ook de resultaten van de originele WBI-beoordeling berekening van dijkvak 13007.2 besproken. Op deze manier kunnen de nieuw verkregen resultaten goed vergeleken worden met de resultaten die eerder ten tijde van de WBI-beoordeling verkregen zijn.

3.1 Originele berekening dijkvak 13007.2

In 2020 zijn reeds stabiliteitsanalyses uitgevoerd. Volgens de memo 'Beoordeling normtraject 13-5 op binnenwaartse macrostabiliteit (STBI) en buitenwaartse macrostabiliteit (STBU) voor 2023 en 2073' [ref. 5] voldeed dijkvak 13007.2 (van DP 11.80 t/m 12.2+88) destijds op basis van de toen gehanteerde grondopbouw. Deze grondopbouw was aangenomen als zandig ter plaatse waar nu de geul van cohesief materiaal is aangetroffen bij het nieuwe grondonderzoek. Hiermee werd een stabiliteitsfactor van 1,16 gevonden wat net hoger was dan de gestelde eis van 1,15 (signaleringswaarde¹) [ref. 5]. Dit is geïnterpreteerd uit de toelaatbare faalkans op doorsnedeniveau zoals beschreven in [ref. 5]. In Bijlage I is het glijvlak gegeven van de destijds uitgevoerde stabiliteitsanalyse.

3.2 Uitgangspunten nieuwe analyses

Voor de nieuwe stabiliteitsanalyses is als uitgangspunt de originele berekening voor dijkvak 13007.2 genomen. Dit houdt in dat de volgende aspecten zijn overgenomen:

- de geometrie van het dijklichaam;
- het glijvlakmodel (UpliftVan);
- de freatische lijn;
- de waterspanningslijnen (het verloop van de waterspanning is wel opnieuw geïnterpoleerd bij wijziging van de grondopbouw indien nodig, bijvoorbeeld bij klei kan de druk opbouwen en bij zand niet);
- de ongedraineerde schuifsterkte berekend met behulp van opgegeven grensspanningen in de ondergrond (behalve voor de 'nieuw geschematiseerde' ongedraineerde kleilaag van de geul).

Voor de sterkte eigenschappen van de ondergrond zijn de waarden uit de rekennota STBI [ref. 1] overgenomen. De laag met geulmateriaal reageert ongedraineerd wanneer het klei betreft. Dit betekent dat waterspanningen zich in deze laag kunnen opbouwen. In het geval van gedraineerd gedrag vinden geen opbouw van waterspanningen plaats. Verder is ervoor gekozen om de POP-waarde van het geulmateriaal vast te stellen op 22,0 kN/m². Deze waarde komt voort uit de originele POP-waarde van 7,0 kN/m² [ref. 1], inclusief 15,0 kN/m² wat neerkomt op een verlaging van de effectieve spanning met 1,5 m door de verhoging van de waterspanning tijdens hoogwater (1,5 waterkolom maal 10 kN/m²).

Verder verschillen de sterkte eigenschappen van het geulmateriaal t.p.v. DP 12.05 en DP 12.40 van elkaar. Dit komt omdat de zandfractie t.p.v. DP 12.40 in het geulmateriaal hoger is dan t.p.v. dp 12.05. Om deze reden is voor het geulmateriaal t.p.v. DP 12.40 de eigenschappen van zandhoudende klei (K_2). Voor het geulmateriaal t.p.v. DP 12.05 is vanwege een lage zandfractie de eigenschappen van sterk silthoudende klei toegepast (K_{ss}). Een overzicht van deze eigenschappen is gegeven in tabel 3.1. Een hogere waarde voor de ongedraineerde schuifsterkte ratio levert een hogere sterkte op.

¹ De eis voor de SF bij de ondergrenswaarde is 1,12 [ref. 5].

Tabel 3.1 Sterkte eigenschappen voor verschillende geulmaterialen [ref. 1]

Type geulmateriaal	Ongedraineerde schuifsterkte ratio, $S [-]$	Sterkte toename exponent, $m [-]$
zandhoudende klei (K_z)	0,32	0,9
sterk silthoudende klei (K_{ss})	0,26	0,9

3.2.1 Nieuwe analyse rondom DP 12.05

Voor de nieuwe analyse rondom DP 12.05 zijn de volgende sonderingen van het aanvullende geotechnisch grondonderzoek [ref. 2] onderzocht:

- DKMP 245 in de binnenteen + DKMP 214 in de kruin;
- DKMP 246 in de binnenteen + DKMP 216 in de kruin;
- DKMP 247 in de binnenteen + DKMP 218 in de kruin.

Van deze drie sets geeft de set DKMP 246 + DKMP 216 de meest ongunstige opbouw van de ondergrond weer (minste sterkte). De sonderingen met interpretatie zijn gegeven in Bijlage II.

Op basis van deze gegevens is een stabiliteitsberekening uitgevoerd. De verkregen waarde van de veiligheidsfactor bedraagt 1,00. Hiermee wordt niet voldaan aan de eis bij signaleringswaarde van 1,15 en wordt het eerder verkregen resultaat uit 2020 [ref. 5] tegen gesproken. Bovendien wordt ook niet aan de ondergrenswaarde voldaan. In Bijlage III is het glijvlak gegeven van de uitgevoerde stabiliteitsanalyse.

3.2.2 Nieuwe analyse rondom DP 12.40

Voor de nieuwe analyse rondom DP 12.40 zijn de volgende sonderingen van het aanvullende geotechnisch grondonderzoek [ref. 2] onderzocht:

- DKMP 253 in de binnenteen + DKMP 230 in de kruin;
- DKMP 254 in de binnenteen + DKMP 231 in de kruin;
- DKMP 255 in de binnenteen + DKMP 233 in de kruin.

Van deze drie sets geeft de set DKMP 253 + DKMP 230 de meest ongunstige opbouw van de ondergrond weer (minste sterkte). De sonderingen met interpretatie is gegeven in Bijlage IV.

Op basis van deze gegevens is een stabiliteitsberekening uitgevoerd. De verkregen waarde van de veiligheidsfactor bedraagt 1,28. Hiermee wordt voldaan aan de eis bij signaleringswaarde van 1,15. In Bijlage V is het glijvlak gegeven van de uitgevoerde stabiliteitsanalyse.

4 GEVOELIGHEIDSANALYSES MACROSTABILITEIT

4.1 Invloed soortelijk gewicht en ongedraineerde schuifsterkteratio op geulmateriaal

Omdat er variatie in de grondopbouw mogelijk is, zijn verschillende gevoeligheidsanalyses uitgevoerd. Zo zijn de sterkte eigenschappen van het materiaal in de geul gevarieerd om te onderzoeken wat de invloed is op de verkregen veiligheidsfactor. Deze gevoeligheid is onderzocht omdat er bepaalde eigenschappen van het aanwezige geulmateriaal worden aangenomen conform de rekennota [ref. 1]. Tabel 4.1 laat deze invloed zien op de uitkomst van de stabiliteitsanalyse rondom DP 12.40.

Tabel 4.1 Uitkomsten gevoeligheidsanalyse sterkte eigenschappen geulmateriaal

Soortelijk gewicht, γ [kN/m ³]	Ongedraineerde schuifsterkte ratio, S [-]	Sterkte toename exponent, m [-]	Verkregen veiligheidsfactor, SF [-]
18,3	0,32	0,9	1,28
18,3	0,26	0,9	1,18
16,3	0,26	0,9	1,11
16,3	0,32	0,9	1,28

Uit tabel 4.1 kan worden opgemaakt dat een verandering van de ongedraineerde schuifsterkte ratio invloed heeft op de uitkomst van de stabiliteitsanalyse. Voor een soortelijk gewicht van 18,3 kN/m³ is de ongedraineerde schuifsterkteratio verlaagd van 0,32 naar 0,26. Hierbij neemt de verkregen veiligheidsfactor met een waarde van 0,10 af. Voor een soortelijk gewicht van 16,3 kN/m³ is de ongedraineerde schuifsterkteratio verhoogd van 0,26 naar 0,32. Hierbij neemt de verkregen veiligheidsfactor met een waarde van 0,17 toe.

Voor de analyse bij DP 12.40, waarbij het geulmateriaal een soortelijk gewicht heeft van 18,3 kN/m³, betekent dit dat de aangehouden variatie (verlaging) in ongedraineerde schuifsterkte ratio geen invloed heeft op de conclusie (1,18 > 1,15). Hiermee kan geconcludeerd worden dat een doorzetting van de voorziene langsconstructie tot DP 12.40 voldoende is.

Uit de resultaten van tabel 4.1 kan geconcludeerd worden dat voor het zandige materiaal met $\gamma = 18,3$ kN/m³ een verlaging van de schuifsterkte ratio naar 0,26 invloed heeft op de resultaten van de stabiliteitsanalyse. Echter deze verlaging heeft geen invloed op de conclusie, 1,18 > 1,15. Met de aangehouden parameters is er een ruime marge ten opzichte van de minimaal benodigde veiligheidsfactor. Voor het kleiige materiaal is een lagere s-ratio aangehouden. Voor dit materiaal is juist onderzocht wat de invloed is van een hogere schuifsterkteratio. Een verhoging van 0,26 naar 0,32 resulteert in een significante verhoging van de stabiliteitsfactor, met $s = 0,32$ voldoet de stabiliteitsfactor ruim. Een kleine verhoging van de s-ratio kan derhalve al resulteren in een voldoende hoge stabiliteitsfactor.

5 CONCLUSIES

Dankzij het aanvullende grondonderzoek (deel 2) kan worden geconcludeerd dat de ondergrond tussen DP 11.80 en DP 12.40 minder sterk is dan voorheen gedacht. De sonderingen laten ter plaatse van het geulmateriaal dominant ongedraineerd gedrag (opbouw van waterspanningen) zien tot DP 12.40. Dit heeft impact op de voorziene eindlocatie van de langsconstructie bij DP 11.80. Met behulp van de uitgevoerde stabiliteitsanalyses en bijbehorende gevoeligheidsanalyses kan worden geconcludeerd dat de langsconstructie doorgezet dient te worden tot en met DP 12.40. Vanaf hier gaat het dominante gedrag van het geulmateriaal over naar gedraineerd. De hogere sterkte van de zandige ondergrond is voldoende om aan de veiligheidseis van 1,15 te voldoen. De impact van deze analyse op het ontwerp is een verlenging van de langsconstructie van 600 meter. Deze verlenging bevindt zich tussen DP 11.80 en DP 12.40.

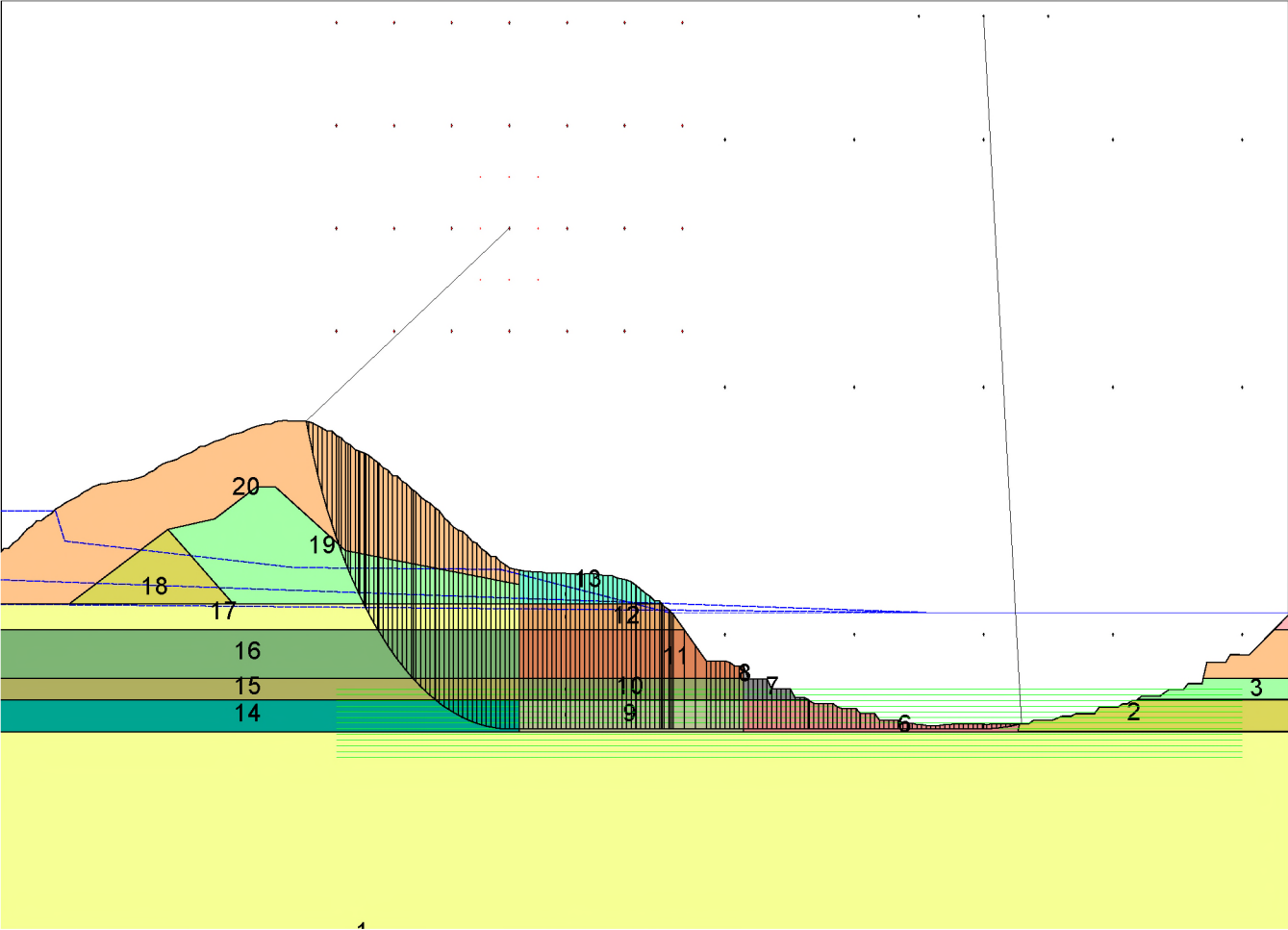
6 REFERENTIES

- 1 Witteveen + Bos. (2023). Rekennota STBI Planuitwerking dijkversterking Den Oever - Den Helder.
- 2 Fugro. (2023). Geotechnisch onderzoek STBI Balgzanddijk, Rapportage geotechnisch onderzoek. (Kenmerk 2423-235521).
- 3 Witteveen+Bos (2023). Interpretatie aanvullend grondonderzoek en impact op DO (versie: definitief) Referentie: 128893/23-010.088.
- 4 HHNK. (2023). Adviesmemo STBI t.p.v. overgang geul en grens scope Balgzanddijk. Referentie: 23.0513034.
- 5 HKV & Royal HaskoningDHV. (2020). Memo Beoordeling normtraject 13-5 op binnenwaartse macrostabiliteit (STBI) en buitenwaartse macrostabiliteit (STBU) voor 2023 en 2073 (PR4282.10).



BIJLAGE: GLIJVLAK ORIGINELE STABILITEITSANALYSE

Slip Plane Uplift Van



Layers

- 25. Zand_but
- 24. Ks_od_but
- 23. Zand_but (1)
- 22. Vkh_od_but
- 21. Kss_dp_but
- 20. Dijksmat_kruin
- 19. Dijk_oud
- 18. Dijk_oud
- 17. Ks_od_kruin
- 16. Zand_kruin
- 15. Vkh_od_kruin
- 14. Kss_dp_kruin
- 13. Dijksmat_berm
- 12. Ks_od_berm
- 11. Zand_berm
- 10. Vkh_od_berm
- 9. Kss_dp_berm
- 8. Zand_opb phi=0
- 7. Vkh_od_opb S=0
- 6. Kss_dp_opb S=0
- 5. Ks_od
- 4. Zand
- 3. Vkh_od_al
- 2. Kss_dp_al
- 1. Zand

Xm : 222,98 [m]
Ym : 17,65 [m]
Radius : 23,51 [m]
Safety : 1,16

Phone	
Fax	
date	3-4-2019
drv.	-

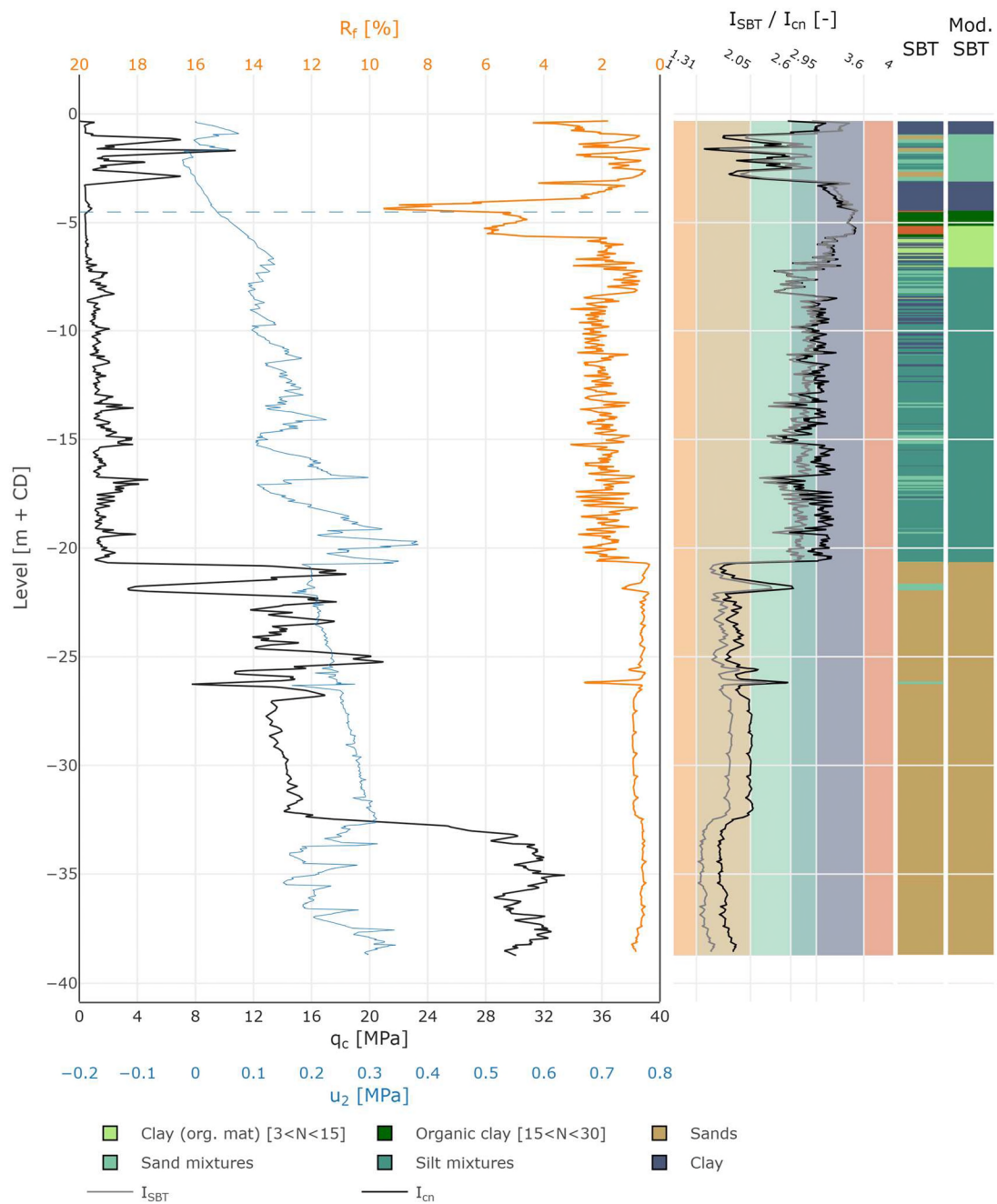
D-Geo Stability 18.1 : 13007.2_sondering19_PL1_Flbasiss.stl

Nadere analyse macrostabiliteit Balgzanddijk Dijkvak 13007.2		
GVA 3.0, kruinbreedte 1,5 m, sterkereductie 100%	Annex -	A4
		form.
		ctf.



BIJLAGE: SONDERING DKMP 246 + SONDERING DKMP 216, INCLUSIEF INTERPRETATIE (DP 12.05)

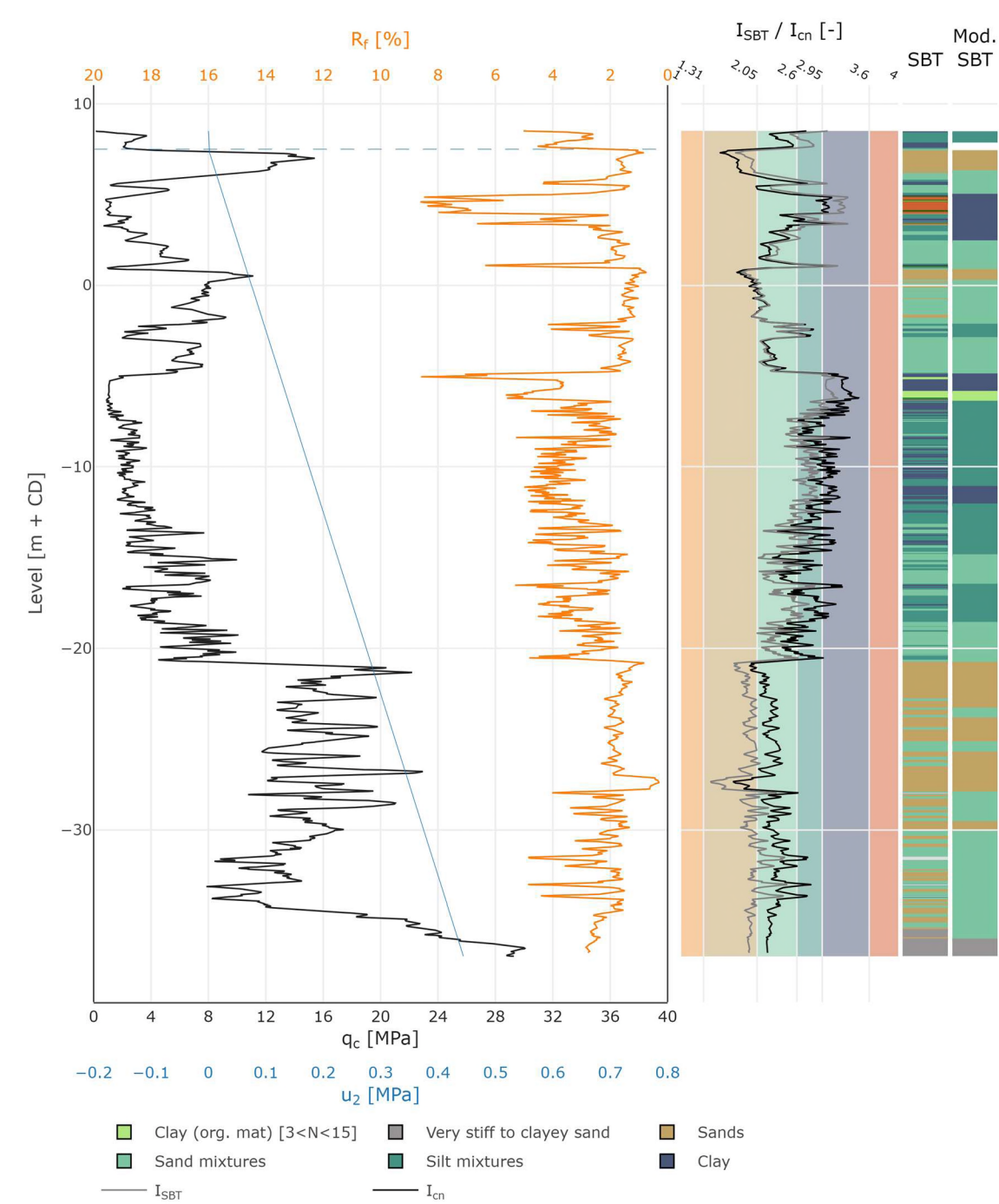
Afbeelding II.1 Sondering DKMP 246 ter plaatse van de binnenteen [ref. 2]



Tabel II.1 Schematisering ondergrond binnenteen rondom DP 12.05 op basis van sondering DKMP 246 uit Afbeelding II.1. De sterkte eigenschappen zijn afgeleid uit de rekennota STBI Den Oever - Den Helder [ref. 1]

Diepte	Type grondsoort	Soortelijk gewicht,	Ongedraineerde schuifsterkte ratio,	Sterkte toename exponent,	Cohesie	Hoek van inwendige wrijving
[m+NAP]	[-]	γ [kN/m ³]	S [-]	m [-]	c [kN/m ²]	ϕ [°]
van 0,0 tot -3,0	Klei sterk silthoudend (K _{ss})	16,3	0,26	0,9	-	-
van -3,0 tot -4,5	Klei zwak tot matig siltig (K _s)	14,6	0,25	0,9	-	-
van -4,5 tot -5,5	Veen kleihoudend (V _{kh})	11,5	0,25	0,9	-	-
van -5,5 tot -7,0	Klei organisch (K _o)	12,9	0,25	0,9	-	-
van -7,0 tot -21,0	Geul materiaal (K _{geul})	16,3	0,26	0,9	-	-
van -21,0 tot -25,0	Zand	boven freatisch niveau $\gamma = 18,0$ onder freatisch niveau $\gamma = 20,0$	-	-	0,0	30,0

Afbeelding II.2 Sondering DKMP 216 ter plaatse van de kruin [ref. 2]



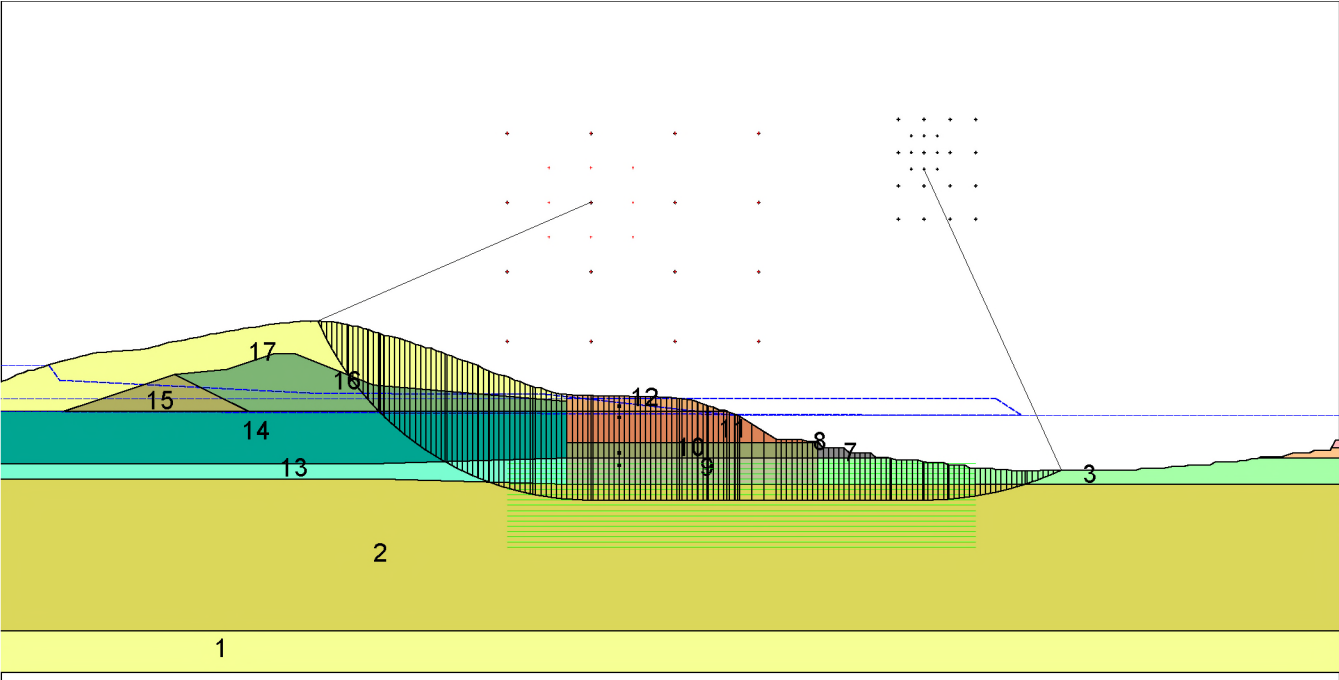
Tabel II.2 Schematisering ondergrond kruin rondom DP 12.05 op basis van sondering DKMP 216 uit Afbeelding II.2. De sterkte eigenschappen zijn afgeleid uit de rekennota STBI Den Oever - Den Helder [ref. 1]

Diepte	Type grondsoort	Soortelijk gewicht,	Ongedraineerde schuifsterkte ratio,	Sterkte toename exponent,	Cohesie	Hoek van inwendige wrijving
[m+NAP]	[-]	γ [kN/m ³]	S [-]	m [-]	c [kN/m ²]	φ [°]
van 8,5 tot 5,5	Dijkmateriaal	19,5	-	-	0,0	30,0
van 5,5 tot 0,0	Dijk oud	19,5	-	-	0,0	30,0
van 0,0 tot -5,0	Zand	boven freatisch niveau $\gamma = 18,0$ onder freatisch niveau $\gamma = 20,0$	-	-	0,0	30,0
van -5,0 tot -6,5	Klei zwak tot matig siltig (K _s)	14,6	0,25	0,9	-	-
van -6,5 tot -21,0	Geul materiaal (K _{geul})	16,3	0,26	0,9	-	-
van -21,0 tot -25,0	Zand	boven freatisch niveau $\gamma = 18,0$ onder freatisch niveau $\gamma = 20,0$	-	-	0,0	30,0



BIJLAGE: GLIJVLAK NIEUWE STABILITEITSANALYSE RONDOM DP 12.05

Slip Plane Uplift Van



- Layers
- 22. Zand_but
 - 21. Ks_od_but
 - 20. Zand_but (1)
 - 19. Vkh_od_but
 - 18. Kss_dp_but
 - 17. Dijksmat_kruin
 - 16. Dijk_oud
 - 15. Dijk_oud
 - 14. Zand_kruin
 - 13. Kss_od_kruin
 - 12. Dijksmat_berm
 - 11. Kss_od_berm
 - 10. Ks_od_berm
 - 9. Ko_dp_berm
 - 8. Zand_opb phi=0
 - 7. Ks_od_talud
 - 6. Ks_od
 - 5. Zand
 - 4. Vkh_od_al
 - 3. Ko_dp_talud
 - 2. K_geul
 - 1. Zand

Xm : 226,30 [m]
Ym : 19,96 [m]
Radius : 28,46 [m]
Safety : 1,00

D-Geo Stability 18.1 : 13007.2_sondering246+216_P1.1_Flbaas_JHUNL_waterspanningen aangepast.stl

Phone
Fax

date
18-8-2023

driv.

Nadere analyse macrostabiliteit Balgzanddijk

DP 12.05

Annex

-

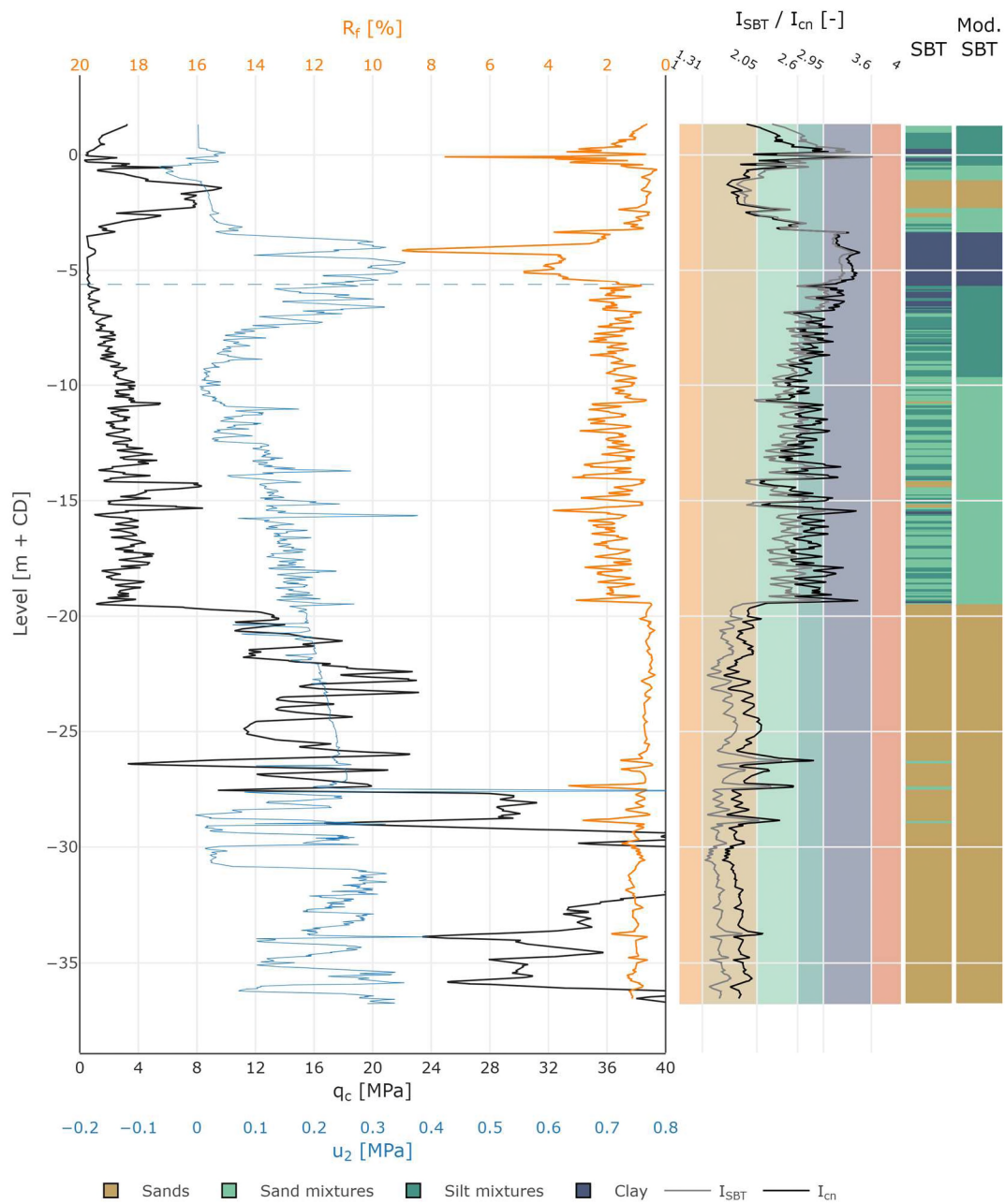
A4

form.

IV

BIJLAGE: SONDERING DKMP 253 + SONDERING DKMP 230, INCLUSIEF INTERPRETATIE (DP 12.40)

Afbeelding IV.1 Sondering DKMP 253 ter plaatse van de binnenteen [ref. 2]

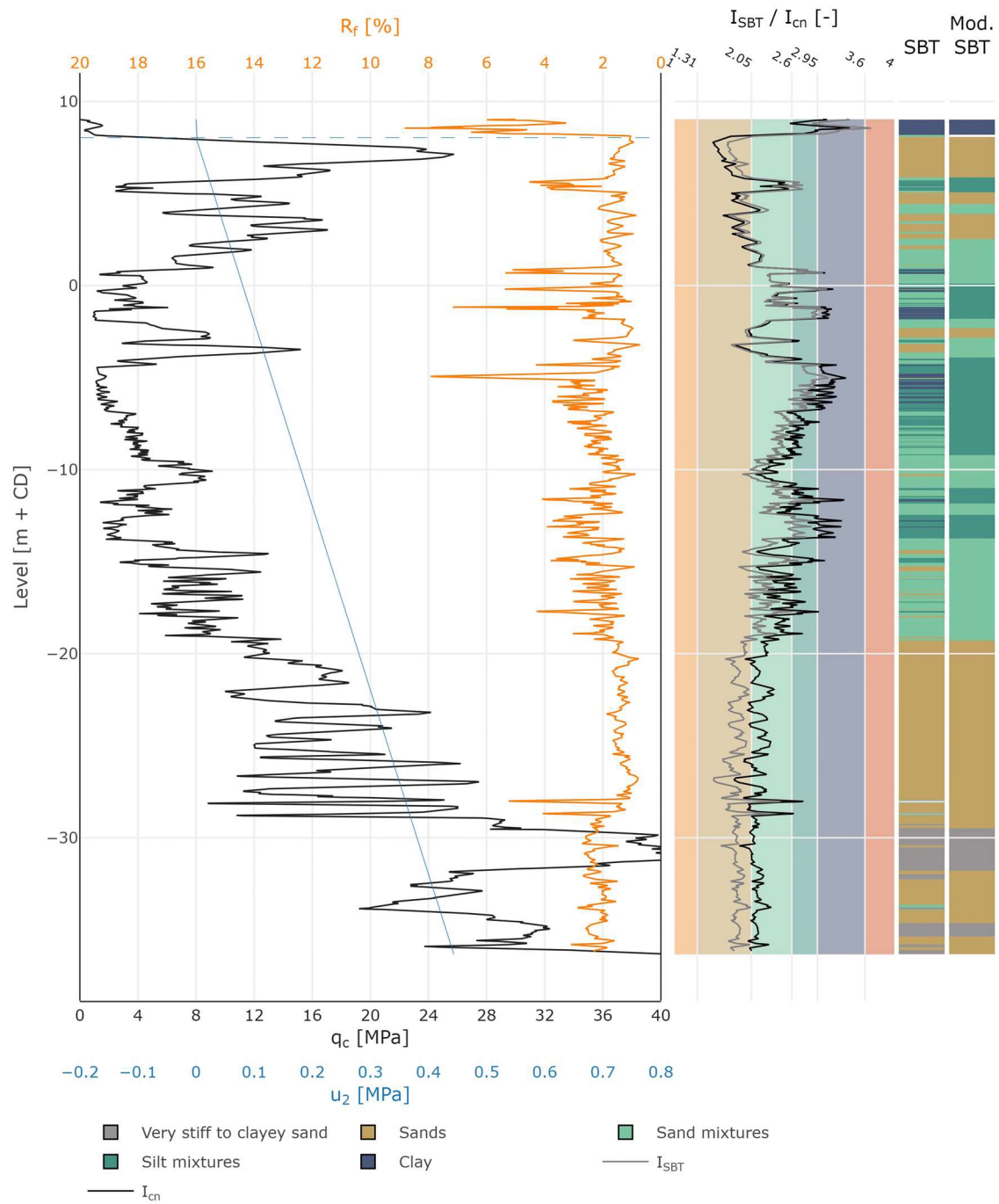


Tabel IV.1 Schematisering ondergrond binnenteen rondom DP 12.40 op basis van sondering DKMP 253 uit Afbeelding IV.. De sterkte eigenschappen zijn afgeleid uit de rekennota STBI Den Oever - Den Helder [ref. 1]

Diepte	Type grondsoort	Soortelijk gewicht,	Ongedraineerde schuifsterkte ratio,	Sterkte toename exponent,	Cohesie	Hoek van inwendige wrijving
[m+NAP]	[-]	γ [kN/m ³]	S [-]	m [-]	c [kN/m ²]	φ [°]
van 1,5 tot 0,0	Dijksmateriaal	19,5	-	-	0,0	30,0
van 0,0 tot -1,2	Klei zwak tot matig siltig (K _s)	14,6	0,25	0,9	-	-
van -1,2 tot -3,5	Zand	boven freatisch niveau $\gamma = 18,0$ onder freatisch niveau $\gamma = 20,0$	-	-	0,0	30,0
van -3,5 tot -4,5	Veen kleihoudend (V _{kh})	11,5	0,25	0,9	-	-
van -4,5 tot -5,5	Klei sterk silthoudend (K _{ss})	16,3	0,26	0,9	-	-
van -5,5 tot -19,0	Geul materiaal (K _{geul}) ¹	18,3	0,32	0,9	-	-
van -19,0 tot -25,0	Zand	boven freatisch niveau $\gamma = 18,0$ onder freatisch niveau $\gamma = 20,0$	-	-	0,0	30,0

¹ Er is vanuit gegaan dat het geulmateriaal t.p.v. DP 12.40 een hogere zandfractie bevat vergeleken met de locatie t.p.v. DP 12.05. Vandaar dat de toegepaste eigenschappen van elkaar verschillen.

Afbeelding IV.2 Sondering DKMP 230 ter plaatse van de kruin [ref. 2]



Tabel IV.2 Schematisering ondergrond kruin rondom DP 12.40 op basis van sondering DKMP 230 uit afbeelding IV.2. De sterkte eigenschappen zijn afgeleid uit de rekennota STBI Den Oever - Den Helder [ref. 1]

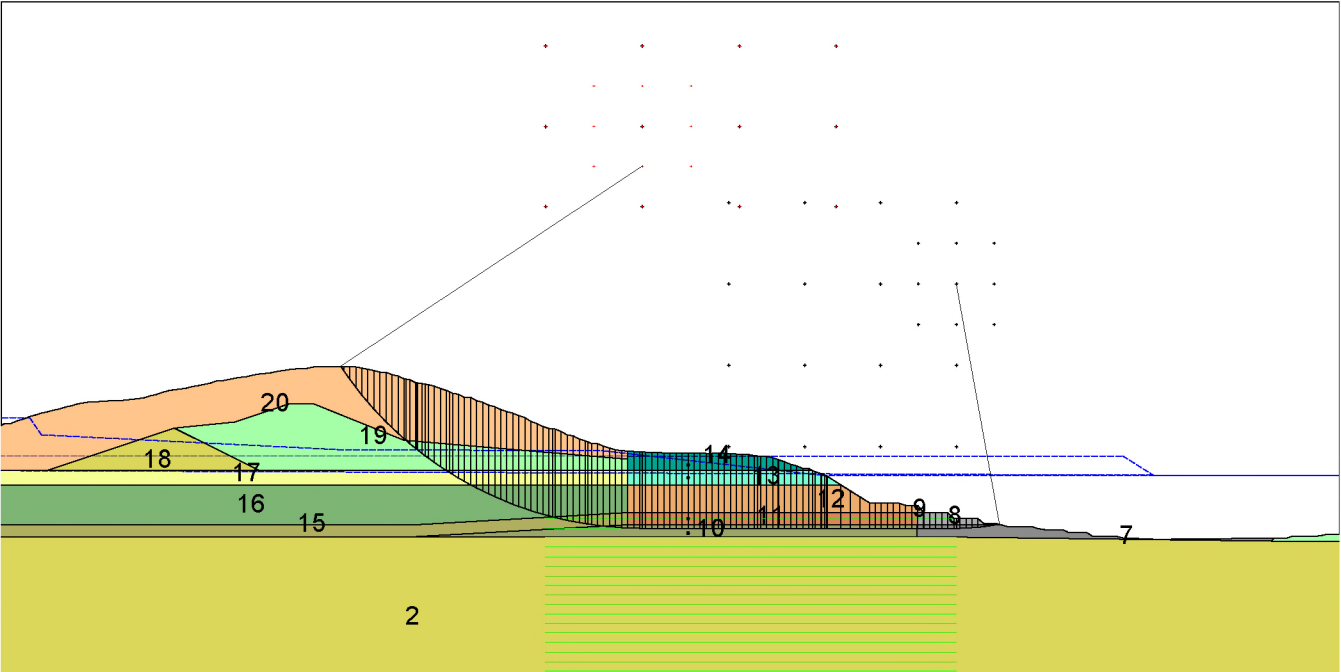
Diepte	Type grondsoort	Soortelijk gewicht,	Ongedraineerde schuifsterkte ratio,	Sterkte toename exponent,	Cohesie	Hoek van inwendige wrijving
[m+NAP]	[-]	γ [kN/m ³]	S [-]	m [-]	c [kN/m ²]	φ [°]
van 8,5 tot 5,5	Dijksmateriaal	19,5	-	-	0,0	30,0
van 5,5 tot 0,0	Dijk oud	19,5	-	-	0,0	30,0
van 0,0 tot -1,2	Klei zwak tot matig siltig (K _s)	14,6	0,25	0,9	-	-
van -1,2 tot -4,5	Zand	boven freatisch niveau $\gamma = 18,0$ onder freatisch niveau $\gamma = 20,0$	-	-	0,0	30,0
van -4,5 tot -5,5	Veen kleihoudend (V _{kh})	11,5	0,25	0,9	-	-
van -5,5 tot -19,0	Geul materiaal (K _{geul}) ¹	18,3	0,32	0,9	-	-
van -19,0 tot -25,0	Zand	boven freatisch niveau $\gamma = 18,0$ onder freatisch niveau $\gamma = 20,0$	-	-	0,0	30,0

¹ Er is vanuit gegaan dat het geulmateriaal t.p.v. DP 12.40 een hogere zandfractie bevat vergeleken met de locatie t.p.v. DP 12.05. Vandaar dat de toegepaste eigenschappen van elkaar verschillen.



BIJLAGE: GLIJVLAK NIEUWE STABILITEITSANALYSE RONDOM DP 12.40

Slip Plane Uplift Van



- Layers
- 25. Zand_but
 - 24. Ks_od_but
 - 23. Zand_but (1)
 - 22. Vkh_od_but
 - 21. Kss_dp_but
 - 20. Dijksmat_kruin
 - 19. Dijk_oud
 - 18. Dijk_oud
 - 17. Ks_od_kruin
 - 16. Zand_kruin
 - 15. Vkh_od_kruin
 - 14. Dijksmat_berm
 - 13. Ks_od_berm
 - 12. Zand_berm
 - 11. Vkh_od_berm
 - 10. Kss_dp_kruin
 - 9. Zand_talud
 - 8. Vkh_od_talud
 - 7. Kss_dp_talud
 - 6. Ks_od
 - 5. Zand
 - 4. Vkh_od_al
 - 3. Kss_dp_al
 - 2. K_geul
 - 1. Zand

Xm : 225,23 [m]
Ym : 25,17 [m]

Radius : 29,96 [m]
Safety : 1,28

D-Geo Stability 18.1 : 13007.2_sondering253+230_PL1_Flbasis_HUN_waterspanningen_aangepast en y = 18.3 en POP sfl

Phone
Fax

date
8-9-2023

driv.

Nadere analyse macrostabiliteit Balgzanddijk
DP 12.40

Annex

-

A4

form.